

P803181 DE 11

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3608801 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**B01D 46/48**  
- B01D 46/42  
F01N 3/02  
G01N 27/12

⑳ Aktenzeichen: P 36 08 801.3  
㉑ Anmeldetag: 15. 3. 86  
㉒ Offenlegungstag: 17. 9. 87

*x - Schrift*

DE 3608801 A1

㉑ Anmelder:

FEV Forschungsgesellschaft für Energietechnik und  
Verbrennungsmotoren mbH, 5100 Aachen, DE

㉒ Vertreter:

Fischer, F., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 5000 Köln

㉓ Erfinder:

Pischinger, Franz, Prof. Dr., 5100 Aachen, DE;  
Lepperhoff, Gerhard, Dr.-Ing., 5180 Eschweiler, DE

㉔ Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-OS	34 03 564
DE-OS	33 17 215
DE-OS	33 04 548
DE-OS	31 11 228
DE-OS	26 31 027
DE-OS	25 19 609
US	44 36 535
US	42 83 207

㉕ Verfahren und Vorrichtung zur Regeneration von Partikelfiltersystemen

Bei einem Verfahren zur Regeneration von Partikelfiltersystemen, insbesondere für die Nachbehandlung der Abgase von Dieselmotoren, durch Oxidation der im Filter abgelagerten Partikel wird die Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikel festgestellt und bei Überschreiten eines vorgegebenen Wertes der Menge eine Filterregeneration eingeleitet.

DE 3608801 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Regeneration von Partikelfiltersystemen, insbesondere für die Nachbehandlung der Abgase von Dieselmotoren, durch Oxidation der im Filter abgelagerten Partikeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln festgestellt und bei Überschreiten eines vorgegebenen Wertes der Menge eine Filterregeneration eingeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln durch Messung ihres elektrischen Widerstandes festgestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beendigung der Regeneration in Abhängigkeit von der Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeneration durch Rußoxidation mittels motorischer Maßnahmen und/oder Zufuhr von Sekundärenergie und/oder chemischer Zündhilfen erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß eine erhöhte Zufuhr von Energie in Abhängigkeit von der Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln vor vollständiger Regeneration abgebrochen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität der Zufuhr von Energie über der Zeit in Abhängigkeit von der gemessenen Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln gesteuert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln durch Messung ihres thermischen Widerstandes festgestellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln durch Messung der dämpfungsspezifischen Frequenzen bei Beschleunigungsanregung erfolgt.
9. Vorrichtung zur Ausübung der Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, gekennzeichnet durch zwei im Bereich abgelagerter Partikeln in vorgegebenem Abstand voneinander angeordnete, elektrisch leitende Sonden, die mit einem Widerstandsmeßgerät und einem Steuergerät verbunden sind, das die Einleitung der Regeneration in Abhängigkeit von dem gemessenen Widerstand steuert.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden in einem Filterkanal in vorgegebenem Abstand voneinander angeordnete Metalleiter sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden vor einem Filterkanal in vorgegebenem Abstand voneinander angeordnete Metalleiter sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9–11, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden poröse Metallschichten sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9–12, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden auf die Filterwandung aufgesprühte elektrische Leiter sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9–13, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden in einem Filterkanal sowohl in Längs- als auch in Querrichtung einen vorgegebenen Abstand voneinander haben.

15. Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur kontrollierten Erzeugung thermischer Energie an der Zuströmseite eines vorgegebenen Bereiches des Filtersystems und eine Temperaturmeßeinrichtung an der Abströmseite des Bereiches, die mit einer Steuereinrichtung zur Steuerung der erhöhten Zufuhr thermischer Energie zusammenwirkt.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regeneration von Partikelfiltersystemen, insbesondere für die Nachbehandlung der Abgase von Dieselmotoren, durch Oxidation der im Filter abgelagerten Partikeln.

Zur Verminderung der Partikelemission von Dieselmotoren mit direkter oder indirekter Einspritzung werden Partikelfiltersysteme zur Abgasnachbehandlung eingesetzt. Hierbei haben vor allem wabenförmige, monolithische, keramische Filter einen hohen Rückhalteeffekt im Hinblick auf den Ruß im Abgas von Dieselmotoren. Bei diesen Filtern strömt das Abgas in die Eintrittskanäle und von dort durch die porösen Wände in die Austrittskanäle. Die Kanäle sind parallel angeordnet und im Wechsel gegenseitig verschlossen.

Infolge der Durchströmung durch die poröse Wand lagert sich auf der Oberfläche der Eintrittskanäle der Ruß ab. Dies führt zu einer Erhöhung des Strömungswiderstandes und damit zu einer Erhöhung des Abgasgegendruckes. Eine Abgasgegendruckerhöhung bewirkt aber eine Erhöhung des Kraftstoffverbrauches und kann bei Blockierung des Filtersystems bis zum Stillstand des Motors führen. Es ist daher erforderlich, den in den Filtern gesammelten Ruß kontinuierlich oder intermittierend zu verbrennen. Zur thermischen Rußoxidation sind Temperaturen von 550–650 Grad C erforderlich. Dabei können diese Temperaturen durch Aufheizung des gesamten Abgasstromes erreicht werden. Andererseits besteht auch die Möglichkeit, bei niedriger Wärmeableitung den Ruß am Kanal Anfang durch eine Initialzündung zu entflammen und infolge der exothermen Rußverbrennung ein selbständiges Weiterbrennen in der Rußschicht zu erreichen.

Eine sich selbst tragende Regeneration der Filter oder von Filterteilen sowie auch die Vollständigkeit des Rußabbrandes in den Kanälen hängt neben der Temperatur vor allem auch von der in den Kanälen angelagerten Rußmenge ab. Einerseits ist es erforderlich, daß eine genügend hohe Rußschicht im Kanal vorhanden ist, um infolge der bei der Verbrennung freigesetzten Wärme (minus der durch das Abgas und das Filtermaterial abgeführten Wärme) eine positive Wärmebilanz zur Fortpflanzung der Verbrennung zu erreichen. Andererseits darf aber die Rußschichtdicke nicht zu hoch sein, da sonst die Wärmeentwicklung bei der Rußverbrennung so hoch wird, daß eine Zerstörung des Filters durch Anschmelzen des Filtermaterials und/oder durch thermisches Cracken infolge zu hoher Temperaturgradienten über dem Filtermaterial erfolgt.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, die Filterregeneration so zu steuern, daß einerseits ein erhöhter Kraftstoffverbrauch bzw. ein Stillstand des Motors und andererseits eine Beschädigung des Filters durch Überhitzungen vermieden wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Regenerationsverfahren der eingangs bezeichneten Art dadurch gelöst, daß die Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln festgestellt und bei Überschreiten eines vorgegebenen Wertes der Menge eine Filterregeneration, vorzugsweise durch Zuführung von Energie, eingeleitet wird.

Die Regeneration kann durch motorische Maßnahmen und/oder Zufuhr von Sekundärenergie, wie z.B. elektrischer Energie, erfolgen. Auch kann durch Zugabe von chemischen Zündhilfen die Regeneration eingeleitet werden.

Hinsichtlich weiterer bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung wird auf die Unteransprüche Bezug genommen.

Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Rußmenge im Filter stellt die Messung der Druckdifferenz über dem Filter dar. Diese Druckdifferenz ist aber abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases in den Filterkanälen. Die Strömungsgeschwindigkeit hängt ab von der Abgastemperatur und dem Abgasvolumenstrom, d.h. also von Last (Drehmoment) und Drehzahl des Motors. Weiterhin wird der Gegendruck von der unterschiedlichen Ablagerung des Rußes und damit von der Packungsdichte des Rußes beeinflusst.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist daher vorgesehen, die Rußschichtdicke in den Filterkanälen direkt zu bestimmen, damit in Abhängigkeit von der Rußschichtdicke eine Filterregeneration eingeleitet werden kann. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß im Bereich der Kanäle in einem definierten Abstand zueinander wenigstens zwei Sonden eingebracht werden, die sich gegenseitig nicht berühren. Durch Anlegen einer Spannung kann der elektrische Widerstand der Rußschicht zwischen diesen beiden Sonden als ein Maß für die Partikelmasse im Filter festgestellt werden. Anstelle von Metallplättchen als Sonden ist es dabei auch möglich, poröse Metallschichten in definiertem Abstand im Bereich der Kanäle anzuordnen. Auch zwischen diesen porösen Metallschichten kann der Widerstand des sich anlagernden Rußes als ein Maß für die Schichtdicke benutzt werden. Vorteilhaft ist bei dieser Art der direkten Regenerationssteuerung und Einleitung der Regeneration, daß ein verstärkter Rußaufbau (z.B. durch defekte Einspritzsysteme) erkannt werden kann. Einerseits kann dieses Signal zur Warnung der Bedienungsperson benutzt werden und andererseits kann dieses Signal verwendet werden, um eine erhöhte Regenerationsfrequenz einzuregeln. Die direkte Messung der Rußschichtdicke steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Rußbelastung des gesamten Filters, und sie ist nicht abhängig vom Strömungszustand des Abgases, wie es bei der Bestimmung des Abgasgegendruckes der Fall wäre.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß die Messung der Schichtdicke in definierten Bereichen eines einzelnen Filters durchgeführt und zur Steuerung der Regeneration dieser definierten Filterbereiche benutzt werden kann. Bei Überschreitung einer als Schichtdickengrenze vorgegebenen Rußschichtdicke kann ein Signal an eine elektrische Steuereinheit gegeben werden, die beispielsweise mäanderförmig in die Eintrittskanäle des Filters gelegte Widerstandsheizelemente einschal-

tet. Diese Heizelemente zünden den angelagerten Ruß an, und bei geringer Wärmeabfuhr setzt sich die Rußverbrennung selbständig in den Kanälen fort. Nachdem die Rußverbrennung eine bestimmte Strecke im Kanal durchlaufen hat, die kleiner als die Kanallänge ist, geben die Elektroden das Signal, daß ein entsprechender Teil der Rußschicht abgebrannt ist; hierauf wird die elektrische Beheizung abgeschaltet, und die Rußverbrennung setzt sich selbständig im Kanal weiter fort.

Diese Steuerung kann anstelle der elektrischen Heizungsregeneration auch mit einem Brenner, der intermittierend die Rußschicht ansteckt, gekoppelt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend an Hand der Zeichnungen näher beschrieben.

Die Fig. 1—4 zeigen bevorzugte Ausführungsformen von Filtersystemen und zugehöriger Vorrichtungsmaßnahmen zur Ausübung des Verfahrens gemäß der Erfindung.

Wie Fig. 1 zeigt, enthält ein keramisches Filter 1 Eintrittskanäle 2, die auf der durch Pfeile 3 bezeichneten Zuströmseite offen sind. Wie Pfeil 4 zeigt, strömt das zu reinigende Abgas durch die porösen Wandungen des Filters 1 in Austrittskanäle 5 und wird auf der durch Pfeile 6 bezeichneten Abströmseite weitergeleitet. Die abgeschiedenen festen Partikeln, überwiegend Ruß, sammeln sich als Schicht 7 an der Wandung der Eintrittskanäle 2.

In den Eintrittskanälen 2 des keramischen Filters 1 sind am Anfang und in einem definierten Abstand hiervon jeweils Elektroden 8, 9 aus leitendem Material angeordnet. Diese Elektroden sind durch elektrische Leitungen 10, 11 mit einer Spannungsquelle 12 verbunden. In einer Steuer- und Meßeinheit 13 wird der Strom bzw. der Widerstand der Rußschicht in Abhängigkeit von der Rußmenge zwischen den beiden Elektroden 8, 9 gemessen. Mit Hilfe eines Grenzwertschalters für den fließenden Strom in der Steuereinheit 13 kann bei Über- bzw. Unterschreiten eines vorgegebenen Meßwertes die Auslösung der Regeneration erfolgen. Dazu kann elektrische Energie zur Beheizung von (nicht dargestellten) in die Eintrittskanäle gelegten Widerstandsheizdrähten eingeschaltet werden.

Nach dem Entzünden des Rußes am Kanal Anfang durch die Widerstandsdrähte o.dgl. schreitet die Flammenfront in Richtung zum Kanalende weiter fort. Nach dem Durchlaufen der Oxidationsfront in der Rußschicht an der Elektrode 8 kann der Stromfluß zwischen den Elektroden 8 und 9 unterbrochen werden, und die Steuereinheit 13 schaltet die Sekundärenergie zur Speisung der Heizwiderstände aus.

In Fig. 2 ist eine modifizierte Ausführungsform dargestellt. Die Elektroden 14, 15 sind porös und auf das Filtermaterial im Eintrittskanal auf unterschiedliche Flächen aufgesprüht. Durch das Aufsprühen der elektrisch leitenden Flächen auf die poröse Wand kann eine innige Verbindung der leitenden Schicht mit der Wand und dem Ruß erreicht werden. Durch die Anordnung an zwei unterschiedlichen Kanalwänden und seitliche Versetzung im gleichen Eintrittskanal wird eine Kurzschlußschaltung sicher vermieden.

Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 3 dargestellt. Hier sind die Elektroden 16, 17 auf der Stirnfläche der Einstromseite des Filters angebracht. Die Elektroden sind wie in den anderen Ausführungsformen über die Leitungen 10, 11 mit der Spannungsquelle 12 und mit der Steuereinheit 13 verbunden. Die dargestellte Ausführungsform hat vor allem den fertigungstechnischen Vorteil, daß sich die Elektroden 16, 17 ohne besondere

Schwierigkeit auf die Stirnfläche des Filters aufbringen lassen, während die Anordnung in einem Filterkanal einen höheren Fertigungsaufwand erfordert. Gemessen wird die Dicke der Rußschicht, die sich auf den Stirnseiten der Einlaßkanäle 2 abgelagert. Die Messung an dieser Stelle wird in vielen Fällen eine zuverlässige Steuerung der Regeneration ermöglichen.

In Fig. 4 ist eine Möglichkeit der Rußschichtdickenmessung bzw. Rußschichtmassenmessung mit Hilfe der Abgastemperaturbestimmung dargestellt. Im Filter 1 befindet sich im Eintrittskanal 18 ein elektrisch beheiztes Widerstandselement 19. Dieses wird über Leitungen 20, 21 von einer Spannungsquelle 22 versorgt. Die Einschaltung kann intermittierend oder kontinuierlich durch einen Schalter 23 erfolgen. In einem an Eintrittskanal 18 angrenzenden Austrittskanal 24 befindet sich ein Thermoelement 25 in der Höhe des Heizelementes 19. Das Thermoelement 25 ist über Leitungen 26, 27 mit einer elektronischen Auswerte- und Steuereinheit 28 verbunden. In Abhängigkeit von der Abgastemperatur und dem Abgasvolumenstrom heizt der Widerstandsdraht 19 das Abgas im Eintrittskanal 18 auf. Die Abgastemperatur des Abgases, das radial in der Höhe des Heizdrahtes 19 zum Austrittskanal 24 und damit zum Thermoelement 25 strömt, wird von diesem Thermoelement 25 erfaßt.

Mit zunehmender Rußschichtdicke wird ein zunehmender Teil der Wärme des Heizelementes 19 von der umgebenden Rußschicht absorbiert, so daß der radiale Abgasstrom in Richtung auf das Thermoelement 25 nicht so stark aufgeheizt werden kann, wie bei einer Strömung ohne Rußschicht. Auch wird der axiale Abgasstrom nicht mehr aufgeheizt werden, so daß das Thermoelement 25, das sich im gleichen Kanal 24 befindet, kaum noch eine Temperaturänderung anzeigen wird. Es kann daher vereinfachend auch von einem "thermischen Widerstand" gesprochen werden. Die Thermospannungen werden in der Auswerte- und Steuereinheit 28 mit der Temperatur des Abgases vor dem Filter verglichen und ausgewertet. Aus den Temperaturdifferenzen bei der partiellen Heizung des Eintrittskanals 18 kann dann die Rußschichtdicke bestimmt werden. Nach Vorgabe eines Sollwertes in der Auswerte- und Steuereinheit wird die Regeneration des Filters in der beschriebenen Weise ausgelöst.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So ist es insbesondere auch möglich, die Erhöhung der Zufuhr von thermischer Energie zum Zweck der Entflammung des Rußes nicht elektrisch, sondern chemisch vorzunehmen, insbesondere mit Hilfe eines Brenners, dem in geeigneter Weise Brennstoff mit Sauerstoff zugeführt wird.

Vorteilhaft ist es auch, die Beendigung der erhöhten Zufuhr thermischer Energie in Abhängigkeit von der Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln zu steuern, wobei auch die erhöhte Zufuhr thermischer Energie vor vollständiger Regeneration abgebrochen werden kann und/oder über der Zeit in Abhängigkeit von der jeweiligen Messung der Menge der abgelagerten Partikeln gesteuert wird.

Auch kann es zweckmäßig sein, daß die Menge der in vorgegebenen Bereichen des Filtersystems abgelagerten Partikeln durch Messung der Dämpfung spezifischer Frequenzen bei Beschleunigungsanregung erfolgt.

3608801

Nummer:

36 08 801

Int. Cl.<sup>4</sup>:

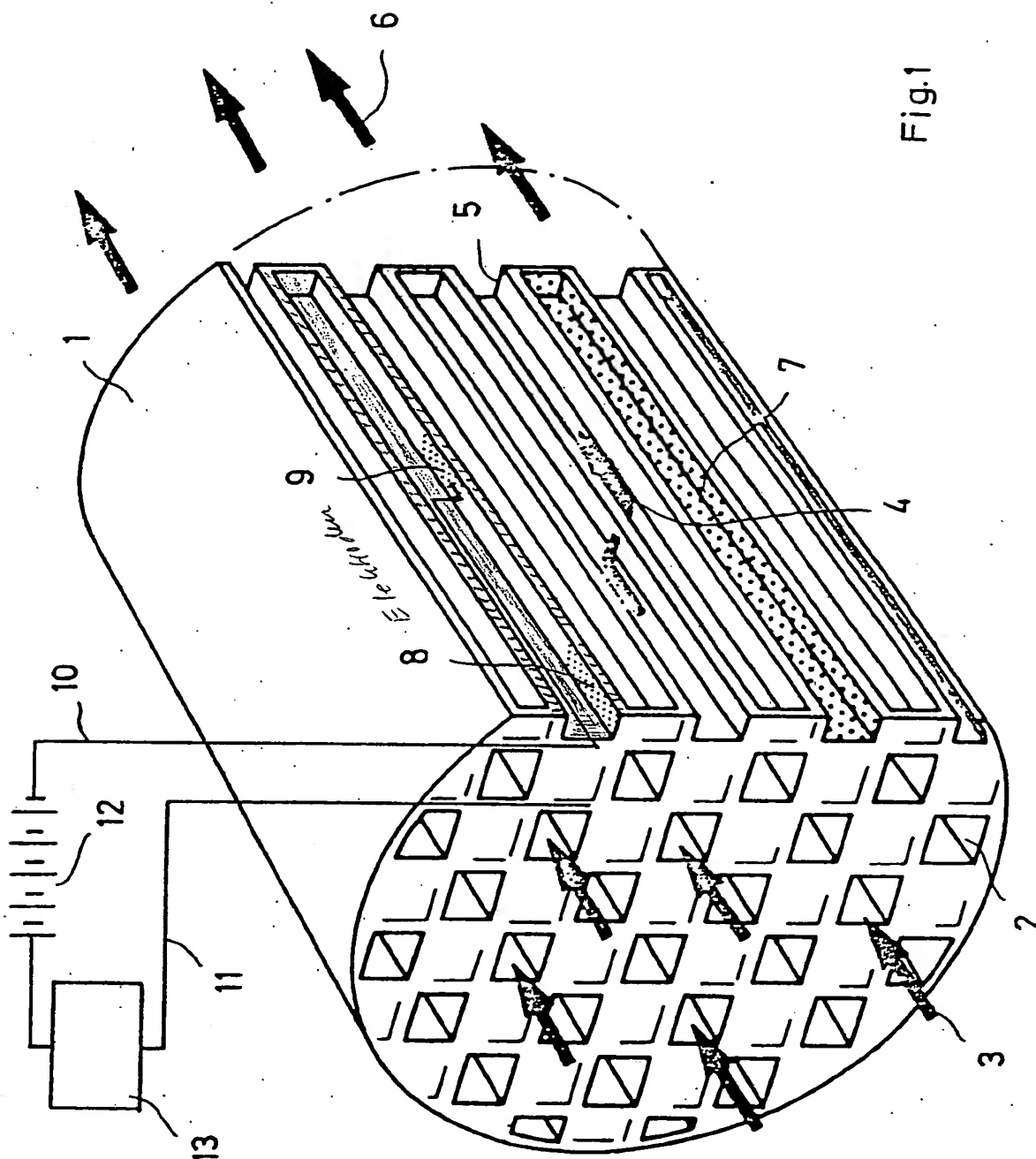
B 01 D 46/48

Anmeldetag:

15. März 1986

Offenlegungstag:

17. September 1987



708 838/447

BEST AVAILABLE COPY

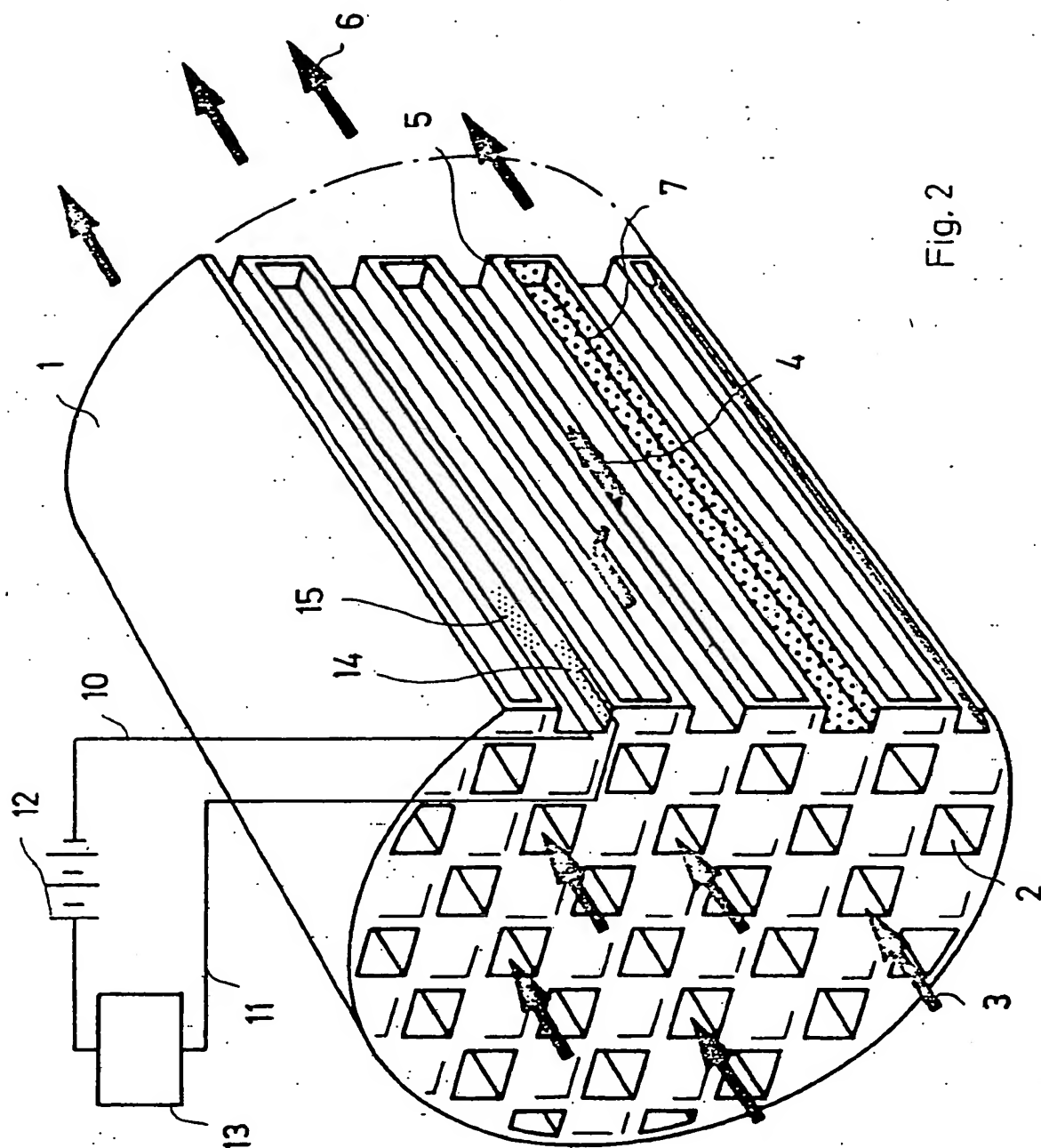
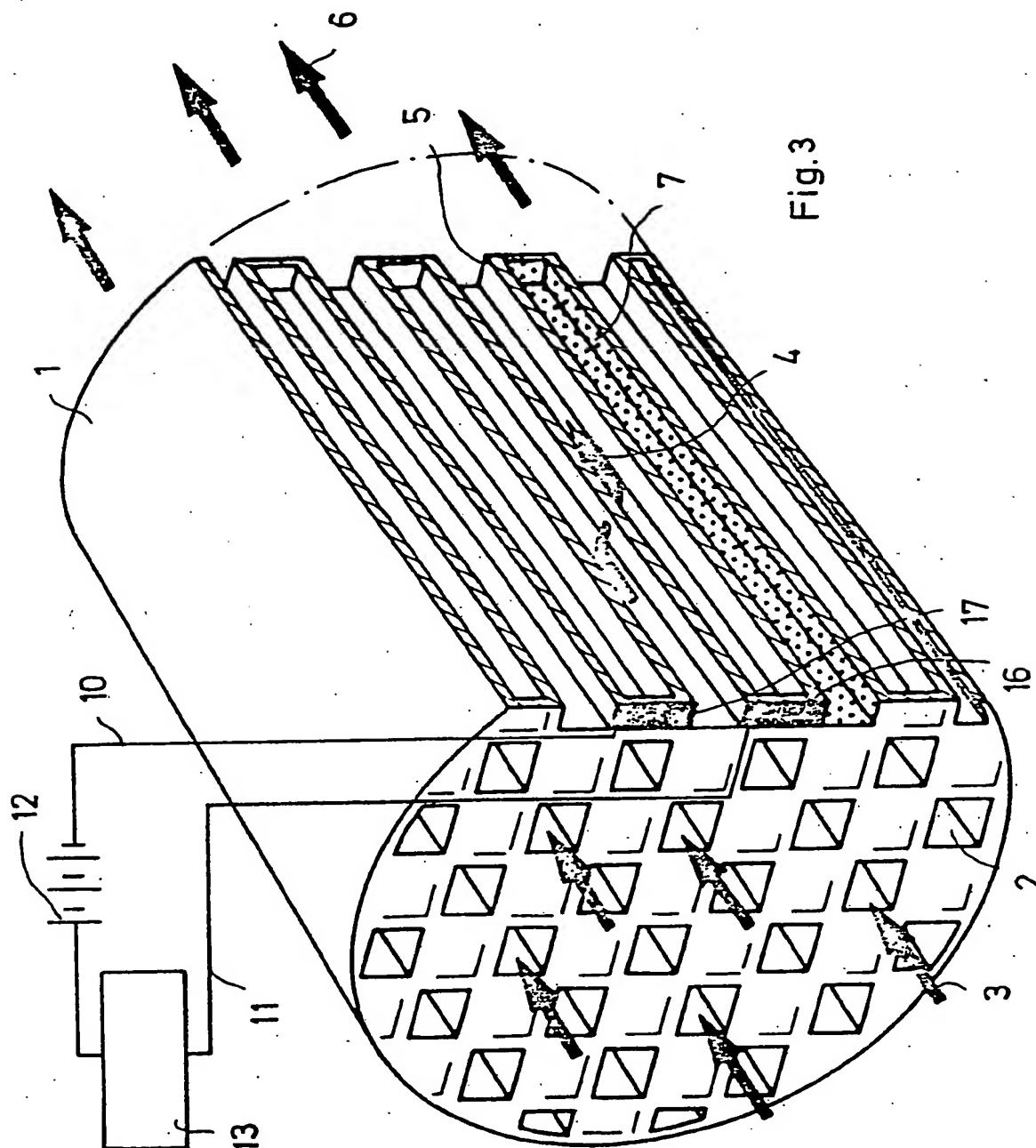


Fig. 2



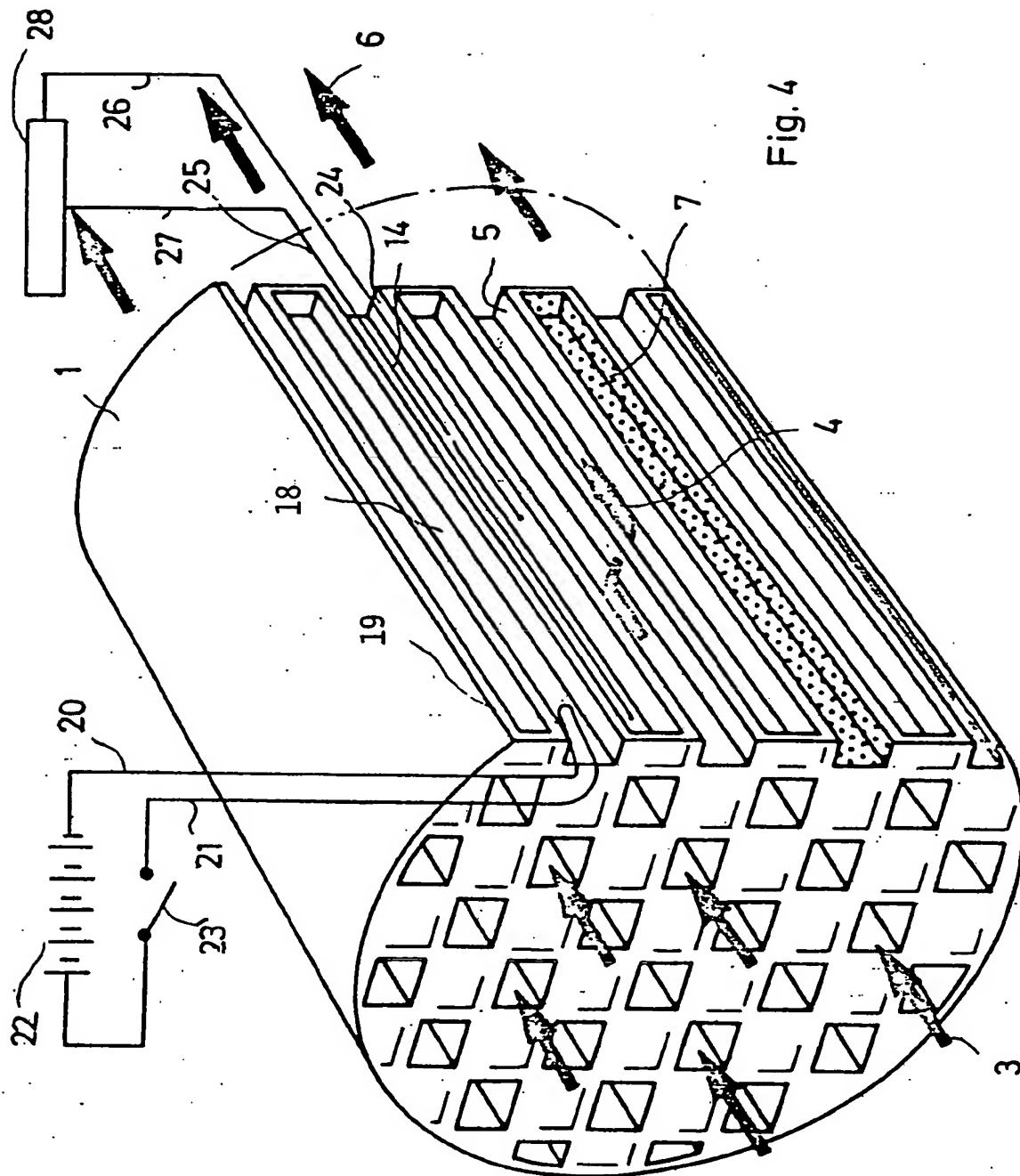


Fig. 4